

Research on Automation Control Technology in Electrical Engineering

Ping Lin

Beijing Huashang Electric Lamp Co., Ltd., Beijing, 101400, China

Abstract

Automated control in electrical engineering holds significant importance for production, safety, and industry development. It not only enhances production efficiency and quality stability but also bolsters the safety and reliability of system operation, while promoting innovative development in the industry. The technical highlights encompass multiple aspects: it necessitates the deep integration of core control theories and algorithms to adapt to complex scenarios; it requires the collaborative optimization of high-precision sensors and actuators to ensure accurate data acquisition and control output; it promotes the integration of hierarchical distributed architectures and industrial communication networks to enhance system integration; and it necessitates the implementation of safety mechanisms and redundancy designs to reduce the risk of failures and ensure stable system operation.

Keywords

Electrical engineering; Automation; Control

电气工程自动化控制技术研究

林萍

北京华商电灯有限公司, 中国·北京 101400

摘要

电气工程自动化控制对生产、安全及行业发展意义重大,既能提升生产效率与质量稳定性,又可增强系统运行的安全性与可靠性,还能推动行业创新发展。其技术要点涵盖多方面:需实现核心控制理论与算法深度融合,以适应复杂场景;要进行高精度传感器与执行器协同优化,保障数据采集与控制输出精准;要推动分层分布式架构与工业通信网络融合,提升系统集成度;还需落实安全机制与冗余设计,从而降低故障风险,确保系统的稳定运行。

关键词

电气工程; 自动化; 控制

1 引言

随着社会快速发展,在电力行业中也发生翻天覆地的变化,而自动化控制是促进它发展的重要因素。电气工程自动化控制不仅可以提高工作效率,保证产品品质,还可以提高系统的安全性、可靠性,对行业起到积极作用。但是要想发挥自动化控制作用必须掌握核心技术。包括控制理论与方法结合;传感器与执行机构配合;结构与网络集成;安全冗余等,每一个方面都很重要,都是构成电气工程自动化控制的基础。

2 实现电气工程自动化控制的意义

2.1 提升生产效率与质量稳定性

在电气工程中,实现自动化对提高工作效率以及保证

产品质量稳定性有着举足轻重的作用。传统的手工操作由于受到人的身体条件的影响,比如疲劳、注意力不够集中等因素,在长期、大量的工作中,操作精准度及速度很难保持一致。但是自动化控制系统可以不分昼夜地根据预先设定好的指令准确无误地完成各项工作任务,而且它的工作速率远远大于人类的手工操作。

自动化控制可以让每个工序都有一定的时序要求,在原料进厂、零件加工直至最后装配的过程中,每一步都可以按时完成而不至于由于人为的原因造成耽误生产进度的问题。而且自动化控制可以按照设定好的工艺条件来进行工作,使每一个电气产品都符合同样的质量标准。而在电气元器件焊接上,自动化焊接机可以很好地把握住焊接温度、时间和压力等参数,使得焊接效果很稳定,不会因为人手焊接水平高低不同导致废品率上升,这样就极大地提升了整个工厂的工作效率以及产品的稳定程度。

2.2 增强系统运行的安全性与可靠性

电气工程系统一般都会涉及到高压、大电流等问题,

【作者简介】林萍(1979—),女,中国河北秦皇岛人,本科,高级技师,从事电气工程师研究。

在这种情况下人工操作是具有一定风险性的,而实现自动控制就可以减少人们进入危险区域的机会,从而提高整个系统的安全性。自动化控制系统有很好的故障监测与报警能力,可以随时监控到电气设备的工作状况,对于出现的问题也会立刻报警并且进行相应的防护。

当电气设备存在过载、短路等问题时,自动控制系统能够及时断电,防止事态恶化,以免造成火灾、爆炸等重大事故;同时也可以对电气设备的工作状态进行及时调节与优化,使设备处于良好工况下工作,降低设备出现问题的可能性,提高设备寿命。而在一些比较大的电气工程项目当中,比如电力系统或工厂自动化生产线上,自动控制系统的正常工作对于保证整个项目顺利开展具有重要意义,它可以预防由于某一部分问题而使全部停止运作的现象出现,从而提升系统的整体稳定性和鲁棒性。

2.3 推动电气工程行业的创新与发展

电气工程自动化控制是电气工程行业发展必然趋势,它的发展对行业创新以及进步起到积极推动作用。自动化控制技术的应用使电气工程不断有新思想、新技术出现,例如人工智能、物联网、大数据等,促进电气工程与其他学科之间交流与合作。

利用人工智能技术在电气工程自动化控制方面的应用可以使设备具有自我判断能力并能独立工作,从而提升整个系统智能化程度。而物联网技术能够使电气设备实现远距离监视以及操控,在任何时间地点都能及时了解设备运行情况。大数据技术可以对电气设备工作时产生的大量信息进行研究和提取有用内容,以便更好地改进产品设计以及预防可能出现的问题。以上各种新技术都极大地提升了电气工程整体质量和工作效率,同时也给电气工程领域带来了新机遇和发展空间,有利于其长远发展。同时,随着自动化控制技术的应用推广对电气工程领域人才提出了更高要求,使人们不断学习新知识、新技能,从而提高整个行业的整体水平。

3 电气工程自动化控制技术要点

3.1 核心控制理论与算法的深度融合

电气工程自动化控制技术的关键是控制理论和算法的高度结合,这是保证系统的精确控制、快速响应以及智能化的前提条件,传统的控制理论例如PID控制由于其结构简单并且具有较强的鲁棒性,在目前工业控制系统中仍然占据主导地位,在温度、压力、流量等被控参数为连续量的情况下,PID通过对比例、积分、微分三个部分进行配合使用可以很好地消除静差并达到良好的控制效果;但是当系统变得越来越复杂之后,传统的控制方法对于多变量、非线性和时变等系统就显得力不从心。

现代控制理论是以状态空间法为基础,在此基础上利用矩阵运算及线性代数的方法可同时考虑多个输入、输出变量,适合对较为复杂的系统进行描述与研究。如最优控制是

通过定义一个目标函数来求解在一定限制条件下使该目标函数取得最小值或最大值时对应的控制方法;而自适应控制是不断改变控制系统参数使其能更好地跟踪外界情况的变化以及参数的变化等。这些都是为了满足高精度、快响应的要求而提出的。

在电气工程自动化控制中,智能算法起着越来越重要的作用,促使着控制技术的发展进步。模糊控制模仿人的自然语言以及思维方式,将专家的经验知识变成明确的控制规则,在不确定性和非线性的条件下有独特的优势,可以很好地处理各种复杂的工况。神经网络控制利用多层感知机或者是深度学习的方法,以数据为基础对系统进行建模与控制,由于其良好的自我学习能力和泛化能力,能够从大量的信息中找到隐藏的联系并对系统实施精确的控制。强化学习让智能体不断的与外界进行互动,在不断地尝试错误的过程中改进自身的控制方法,从而使系统具有自主做决定的能力。而当这些智能算法与经典的、现代的控制理论相结合就形成了新的方法论——“混合智能控制”。它取各家之长,既有经典理论的稳定性,又有现代理论的灵活性,再加上智能算法的智能化,使得系统在复杂的环境下具有更好的鲁棒性和适应性,对电气工程自动化控制的发展起到积极的作用。

3.2 高精度传感器与执行器的协同优化

传感器和执行器是自动控制系统“感觉器官”、“手脚”,它们的工作质量决定了整个系统的控制质量和响应速度。开发高质量传感器并投入使用,给系统提供准确及时的信息。温度传感器利用热电偶或者热电阻来测量微小温差变化;压力传感器用压阻效应或者电容式来测量微小压力变化;光电传感器则是基于光电效应来测量物体的位置以及速度等信息。它们不仅具有很高的灵敏度而且还带有数字接口以及抗干扰能力从而保证通信的质量。

气动执行器是以压缩空气为动力源,结构简单、价格便宜,在不需很高速度情况下使用;而液压执行器是利用液压力传递能量,输出力大、反应快,一般用于负载较大、速度较快场合;电动执行器则是由电动机带动精密减速器组成,可以做到较高精度定位以及加速度。近年来,智能执行器出现使整个系统更加智能化。比如带有编码器伺服电机可以及时知道其所在位置从而构成闭环控制系统;有扭力反馈电动夹钳可以根据所抓取物体大小改变自身施加力度防止破坏等^[1]。

通过对传感器以及执行器进行量程和精度标定保证采集的数据与反馈给控制器信号的一致性;使用同步控制方法使多个轴的执行器运动一致从而完成较为复杂的任务;用预测控制的方法依据传感器获得的信息及时改变执行器的工作状态以减少系统的延迟,这样可以更好地提高控制质量和鲁棒性。

3.3 分层分布式架构与工业通信网络的融合

分层分布式结构是当前工业控制系统的特点,它基于

功能分层以及设备分布来保证整个系统的可靠性和灵活性。管理层是整个系统的“大脑”，用于监视全厂情况，分析数据并进行优化等操作。如 SCADA 系统利用人机界面 (HMI) 显示设备工作状况以及生产信息，便于管理人员进行远程观察及干预；而 MES 系统侧重于生产调度管理，通过对排程、质量管理等工作改进提高产量及品质。控制层是整个系统的核心，负责实时控制的任务。PLC 通过计算以及顺序控制使生产线自动运转；DCS 使用多个分散的小型控制器来进行对连续工艺进行精细调整等。工业 PC 由于具有很强的运算性能可以实现复杂的算法以及大量的数据进行分析。

工业通信网络是连接管理级与控制级、设备级与设备级的“神经系统”，它对整个系统是否具备良好的及时性和稳定性起着至关重要的作用。现场总线技术比如 PROFIBUS、Modbus，利用串行通信方式实现现场设备与控制器之间信息传递，其优点是经济实惠并且安装方便；工业以太网技术例如 EtherNet/IP、PROFINET，由于其大带宽以及高传输速度可满足大量设备连接以及快速数据传输需求，因而成为工业控制领域的主要通信手段；而无线通信技术如 Wi-Fi、蓝牙、Zigbee 等则在移动设备监测或灵活布线场合发挥重要作用^[2]。

分层分布式架构与工业通信网络结合促使系统朝着“管控一体化”的方向发展。通过统一通信协议以及数据格式使得各层之间以及各个设备之间可以互相连接；使用时间敏感网络 (TSN) 保证重要数据的及时性传输以适应实时控制的要求；借助边缘计算在设备上完成一部分的数据分析工作从而释放服务器资源加快整个系统的反应速度。这将使整个系统更加紧密同时也有利于以后工业互联网以及智能制造的发展。

3.4 安全机制与冗余设计的全面保障

安全是一套自动化控制系统的核心，它包括功能安全、信息安全以及物理安全三个方面。功能安全是为了防止危险的发生或者是减少其影响而保障人们的生命安全和设备不受损害，比如安全仪表系统 (SIS) 利用独立的传感器、逻辑控制器及执行机构一旦发现异常就会立即做出相应的响应动作；安全完整性等级 (SIL) 是对系统可靠性的评价，从而进行安全的设计。信息安全则是为了防止系统受到网络攻击以及信息泄露等，在工业互联网时代，由于工业控制系统越来越频繁地暴露在互联网中，所以它会面临更多的外部风

险，例如病毒、数据被篡改或者服务被拒绝连接等，可以通过部署防火墙、入侵检测系统以及使用加密通信等手段来提高安全性。使用零信任架构，对每一个访问请求都进行身份认证以及权限检查以避免非法访问。

物理安全是指设备在恶劣环境下能够正常工作。比如，采用防爆设计保证传感器和执行器能在易燃易爆环境中安全运转；取得 IP 防护等级证书以防止灰尘和水分对设备造成损害；配备有备用电源以及冷却装置以防由于温度过高或者失电导致设备出现问题等。冗余是提高系统的可靠性的有效方法，在系统出现某些问题的情况下可以使整个系统仍然可以正常工作的冗余即为冗余，硬件冗余包括两个 PLC 系统、两个电源模块等用主备切换的方式来避免单一故障点的存在；软件冗余则是指两套不同的控制策略或者数据备份与恢复机制来保证控制系统工作的准确性。网络冗余例如环形拓扑、双链路通信等方式都是利用多条路径进行通信以保证通信可靠性的方法。

安全机制以及冗余设计所提供的全方位保护，不仅可以减少系统的故障率，还可以提高生产的连续性，如在电力系统中，冗余设计可以使电网在设备发生故障的情况下仍然可以正常供电，在智能制造系统中，安全机制可以避免生产的数据泄露以及生产设备受到黑客攻击等，而这些正是使自动化控制系统可以在一些重要行业得到广泛使用的基础也是实现工业向“无人化”、“自主化”的前提条件^[3]。

4 结语

电气工程自动化控制技术主要包括几方面内容，其中核心控制理论和算法相结合使系统具有一定的自主判断能力，高性能传感器以及执行机构配合使用保证控制精确度，分层分布结构及工业通信网络结合提高了系统整体性和及时性，安全保障措施以及容错设计全方位保护系统正常工作。理解和利用以上要点有助于提高电气工程自动化控制技术水平，有利于电气工程行业发展，更好地服务社会发展。

参考文献

- [1] 徐文婧. 机械设备电气工程自动化供配电节能控制技术分析[J]. 模具制造, 2025, 25 (12): 183-185.
- [2] 刘畅. 人工智能技术在石化企业电气工程自动化控制中的运用分析[J]. 中国石油和化工标准与质量, 2025, 45 (22): 177-179.
- [3] 李松林,李明. 电气工程自动化控制现状及智能化技术的有效应用分析[J]. 中国设备工程, 2025, (22): 28-30.